

Il processo di compostaggio integrato con trattamento meccanico e lombricoltura può riguardare matrici organiche di rifiuti preselezionati (quali la frazione organica raccolta dei rifiuti urbani raccolta in maniera differenziata o i residui organici delle attività agro-industriali) per la produzione di un ammendante compostato misto da impiegare in agricoltura o nelle attività di florovivaismo e comunemente indicato noto come “compost di qualità”.

L'impianto di compostaggio del comune di Melpignano (LE) è, allo stato attuale, l'unico impianto che coniuga trattamento meccanico e lombricoltura dotato di pareri e autorizzazioni; è realizzato, dato in gestione, e avviato a funzionamento in modo da garantire il fabbisogno di recupero della frazione organica del Comune. Può dunque essere considerato un impianto prototipo ed una sperimentazione utile a consentire di individuare indicazioni sulle migliori tecnologie adottabili per la produzione di compost e per rendere questo modello di economia circolare produttivo.

Il termine compostaggio indica una serie di fenomeni biologici che concorrono nella conversione della materia organica fresca in una matrice indifferenziata, più o meno strutturalmente complessa, contenente prevalentemente sostanza organica umo-simile, composti organici più o meno semplici, sali minerali e acqua. I batteri, gli attinomiceti ed i funghi, cioè i responsabili del processo di umificazione, degradano mediante gli enzimi attivi la sostanza organica fresca per il proprio sostentamento, progressivamente consumando le molecole via via meno semplici e leggere; i derivati metabolici che ne risultano e la biomassa trasformata completamente sono facilmente incorporabili nel terreno che ne assicura, in un'ottica di economia circolare, il completo e veloce ri-utilizzo delle matrici di scarto utilizzate in partenza.

Anche se la pratica del compostaggio è conosciuta nel mondo agricolo sin dall'antichità, è solo da pochi decenni che si studiano i meccanismi relativi ai vari processi biochimici e microbiologici che regolano la formazione del compost, ed ancora in tempi più recenti sono stati messi a punto i metodi per standardizzare l'intero processo. Oggi quasi tutte le tipologie di rifiuti organici possono essere trasformate in compost e divenire così una vera e propria ricchezza.

Le tipologie di rifiuto che possono essere accettate in ingresso in compostiera e in seguito in lombricoltura per la maturazione sono le seguenti:

- CER 20 01 08: rifiuti biodegradabili di cucine e mense;
- CER 20 02 01: rifiuti biodegradabili di ramaglie, sfalci e piccole potature;
- CER 20 02 00: rifiuti prodotti da giardini e parchi.

L'80% del materiale in ingresso è composto da frazione organica di rifiuto solido urbano ricedente nei CER 20 01 08 e 20 02 01. Il restante 20% del materiale è costituito da materiale biodegradabile con codice 20 02 00 quale strutturante per bilanciamento della frazione umida.

Per compostare gli scarti alimentari di cucina, viene ricreato lo stesso procedimento che avviene in natura. Possono essere introdotti nel compostier (la compostiera elettromeccanica) rifiuti alimentari non consumati e scarti di preparazione alimentare da abitazioni o esercizi commerciali, come negozi alimentari, ristoranti, banchi alimentari, mense e cucine. In particolare, cibi crudi o cotti scartati durante o dopo la preparazione dei pasti in cucine e mense (CER 20.01.08) e materiale strutturante assorbente come pellet o segatura (CER 03.01.05). Possono inoltre essere introdotti, alternati agli scarti alimentari, scarti vegetali da pulizia di giardini, orti, compresi fogliame, sfalci e potature opportunamente triturati, foglie e ceppi anch'essi triturati (CER 20.02.01).

Il compost (dal latino *compositum*, ovvero costituito da più sostanze) è un prodotto utile e idoneo a stabilizzare biologicamente qualsiasi residuo organico, convertendolo in un prodotto finale ricco di humus, dotato di elementi nutritivi e caratterizzato da proprietà fisiche, chimiche e biologiche elevate, igienicamente sicuro ed esente da semi vitali di erbe infestanti. Il compostaggio è un processo aerobico che si sviluppa essenzialmente in tre fasi:

1. degradazione biochimica ad opera di enzimi idrolitici;
2. trasformazione biologica;
3. maturazione in lombricoltura.

I composti organici complessi vengono scissi enzimaticamente in elementi più semplici (amminoacidi, acidi grassi, zuccheri) che vengono utilizzati dai microrganismi per il proprio metabolismo; nella fase di maturazione avviene il completamento del compostaggio attraverso la umificazione delle matrici nelle piste di lombricoltura.

Durante il processo è necessario mantenere le condizioni ambientali in grado di favorire l'attività microbica. Tra i fattori più importanti da controllare sono da annoverare l'ossigeno, l'umidità e la temperatura.

L'ossigeno è l'elemento indispensabile in un processo che è aerobico: l'ossigeno viene fornito alla massa da compostare in due diverse modalità: areazione forzata mediante pompe soffianti e/o rivoltamenti meccanici. Il tenore di ossigeno delle masse deve essere compreso tra il 5% e il 15%. Al di sotto di questa soglia prevalgono processi putrefattivi con produzione, a seconda delle matrici di partenza, di acido solfidrico, ammoniacale, aldeidi, chetoni, che conferiscono cattivi odori.

Pertanto, nella prima fase del processo, è opportuno evitare continui rimescolamenti o insufflazioni di aria che porterebbero i cumuli ad un repentino raffreddamento, quindi all'abbattimento della temperatura che deve essere compresa, nella prima fase, tra i 50° C e i 55°C, per i primi tre gironi, fino ad abbassarsi gradualmente e raggiungere la temperatura ambiente.

La temperatura, oltre all'importanza che ha nel processo, è anche causa della riduzione dell'umidità nei materiali e soprattutto dell'abbattimento di germi patogeni e di semi infestanti.

Il controllo dell'umidità è importante nel processo per evitare decorsi anomali. L'intervallo ottimale varia tra il 50% e il 55%.

Altri indicatori di controllo per l'evoluzione del compostaggio sono; rapporto carbonio/azoto (C/N); pH; presenza di sostanze umiche.

Il rapporto C/N dovrebbe essere compreso tra 25 e 35, motivo per il quale, nella scelta delle matrici da compostare, associare residui vegetali (ricchi in carbonio) e residui animali (ricchi in azoto).

TECNOLOGIA UTILIZZATA

a. FASE DI DEGRADAZIONE BIOCHIMICA

Nella prima fase (chiamata termofila), che deve essere molto rapida e intensa per evitare fenomeni di anaerobiosi, si libera energia sotto forma di calore (la temperatura supera i 50°C e per un compostaggio ottimale dovrebbe superare i 55°C). In questa fase che dura circa un mese e che è la fase cardine di tutto il processo, si ha un'elevata richiesta di ossigeno e la formazione temporanea di composti intermedi di degradazione (acido acetico, propionico e butirrico) che sono tossici per le piante e che vengono velocemente metabolizzati.

b. FASE DI TRASFORMAZIONE BIOLOGICA

Nella seconda fase (40- 45°C) i processi metabolici diminuiscono di intensità; accanto all'attività batterica se ne evidenziano altre dovute a varie specie di funghi e di attinomiceti che degradano amido, cellulosa e lignina, importante per la sintesi delle sostanze umiche. In questa fase diminuisce sensibilmente la richiesta di ossigeno e la sostanza organica è sufficientemente stabile. Già in questa fase viene conferito al compost il tipico odore di terriccio fresco: gli attinomiceti hanno un ruolo importante in ciò, perché producono composti aromatici presenti tipicamente nel suolo.

c. FASE DI MATURAZIONE

La terza fase (20°C) del processo è caratterizzata da un'intensa colonizzazione da parte di animali di piccole dimensioni (lombrichi) che contribuiscono allo sminuzzamento e al rimescolamento dei composti organici e minerali formati, all'interno di vasche di biodegradazione aerobica che consente un primo trattamento in un ambiente monitorato e chiuso, collegato al biofiltro di impianto centralizzato per mezzo di un aspiratore. La frazione organica è conferita all'interno della vasca per mezzo di un nastro trasportatore chiuso che, partendo dall'area di selezione, viene scaricato puntualmente e distribuito in modo uniforme con mezzi meccanici.

L'ultima fase di maturazione del compost avviene in successive vasche adibite a lombricoltura coperte con una struttura in acciaio e/o teli in PVC pesante. La struttura delle vasche è costituita da pareti perimetrali in cemento armato e da una soletta di base con sottostante strato di geo- membrana impermeabilizzante. È presente una canaletta centrale atta a convogliare il percolato nel pozzetto e nella vasca di raccolta dello stesso.

Per evitare che lo strato di humus vada a ostruire la canalizzazione di raccolta, viene posizionata una griglia metallica a maglia fitta che permette il passaggio del liquido, ma non del terriccio soprastante, lungo tutta l'estensione della canalizzazione. Al di sopra della pavimentazione in cemento armato viene versato il compost per l'ultima fase di maturazione. Per le vasche non coperte, lungo tutto il perimetro delle stesse, al di sopra delle pareti di contenimento, è installata una ringhiera in tubolare metallico a cui verranno agganciati dei teli di copertura con funzioni sia ombreggianti sia di riparo dalle precipitazioni meteoriche. La struttura metallica di supporto dei teli conferisce loro un'opportuna pendenza per garantire il deflusso dell'acqua piovana all'esterno della vasca. I teli sono amovibili per consentire le operazioni di movimentazione del compost in ingresso e in uscita dalla vasca. La tubazione di raccolta del percolato in uscita dalle due vasche viene canalizzata attraverso il pozzetto di raccolta a pavimento, nella vasca interrata di stoccaggio del percolato in cemento armato; il percolato raccolto in tale vasca è smaltito come rifiuto speciale pericoloso.

La compostiera collettiva ha uno sviluppo di tipo cilindrico e può essere schematizzata in tre sezioni differenti.

Una **sezione 1** che rappresenta la sezione di ingresso del materiale, costituito dal rifiuto umido e da una quota percentuale di strutturante. Il caricamento può essere manuale oppure automatizzato e tale sezione è dotata, o preceduta, da un trituttore al fine da conferire la pezzatura idonea al rifiuto.

La **sezione 2** rappresenta la parte attiva della macchina, dove avviene la degradazione della frazione organica, seguendo un profilo di temperatura generato dallo stesso processo di digestione aerobica. La macchina è dotata di un sistema di riscaldamento, nel caso in cui tali temperature non fossero raggiunte naturalmente, per via delle condizioni climatiche esterne. Sempre della sezione 2 fa parte il sistema di ventilazione meccanica, costituito da un ventilatore (assiale o centrifugo) che aspira l'aria esterna e la invia verso le camere dove avviene il processo di digestione aerobica per poi essere espulsa. La messa in funzione del ventilatore è gestita da un sistema di controllo. Una sonda di umidità e temperatura e un sensore di CO₂ rilevano le condizioni interne alla compostiera che, se diverse dai parametri di settaggio, inviano un segnale a un contatore che aziona il sistema di ventilazione.

Il materiale presente nella sezione 2 viene spinto lentamente verso la **sezione** di uscita **3** mediante un sistema di movimentazione e rivoltamento, azionato da un motore elettrico di opportuna potenza.

Dalla sezione 3 il materiale viene estratto e se rispecchia i requisiti del D.lgs 75/2010, il compost viene trasferito in delle vasche di lombricoltura per l'ulteriore processo di trasformazione; quest'ultima trasformazione mediante lombricoltura porta alla produzione di un eccellente ammendante agricolo.

Il processo che si vuole brevettare, quindi, prevede che le prime due fasi di trattamento siano realizzate all'interno della compostiera elettromeccanica per un periodo di tempo di 45-60 giorni e la terza fase di maturazione all'interno delle vasche di lombricoltura in quanto non più a rischio odorigeno, per ulteriori 45-30 giorni.

Tale sistema integrato di compostaggio con trattamento meccanico e lombricoltura è facilmente conducibile, poco invasivo per l'ambiente e fortemente caldeggiato dalla Comunità Europea come sistema virtuoso per il recupero della materia organica da incorporare nel terreno quale ammendante e restauratore della perdita di fertilità sia per sostenere le produzioni colturali, sia per consentire un accumulo di carbonio nel suolo, indispensabile per mantenere l'equilibrio dell'ambiente. Infatti tale sistema si propone come una eccellente modalità di trattamento dei rifiuti organici (FORSU – provenienti da raccolta differenziata) in grande scala e dai contenuti costi di smaltimento.

I lombrichi vengono alimentati con scarti vegetali (erba di sfalcio), e scarti di natura organica provenienti da raccolta differenziata (FORSU-UMIDO), in questo caso dal prodotto delle prime due fasi di compostaggio all'interno del composter elettromeccanico.

In via preventiva è possibile affermare che serviranno circa 3 kg di scarti per mq al giorno. I lombrichi si autoregolano in base all'alimentazione disponibile. Infatti, in mancanza di quest'ultima i primi a morire sono i piccoli, che automaticamente porta a un calo di popolazione.

La doppia vasca ha sia la funzione di aumentare la superficie utile disponibile, sia di alternare le aree in cui i lombrichi vengono allevati e quella in cui il rifiuto privo di lombrichi termina la maturazione.

DESCRIZIONE DELLA COMPOSTIERA E DELLE VASCHE DI LOMBRICOLTURA

La compostiera collettiva si configura come un macchinario a camera chiusa con areazione forzata mediante un sistema di ventilazione sulla cui linea viene installato un filtro. Anche la vasca di carico e la tramoggia, dopo aver riversato i rifiuti da trasferire in compostiera, vengono chiuse, continuando a operare senza il rischio di rilascio in atmosfera di odori.

Il sistema di areazione forzata è dotato di un biofiltro, composto da due sezioni di filtraggio: la prima mediante una cartuccia; la seconda mediante un letto a base di materiale organico. Il filtro è dimensionato per il trattamento di una portata pari a quella nominale del sistema di ventilazione.

Le macchine per il compostaggio collettivo si suddividono in funzione della tipologia di movimentazione o del numero di camere. Infatti, la movimentazione avviene tramite tamburi rotanti oppure con coclee o bracci meccanici. Per quel che concerne le camere la tecnologia può essere a una, due o tre camere. Nelle compostiere a una camera, tutto il processo di digestione aerobica, ad eccezione della fase di maturazione, avviene in una singola camera. Nei sistemi a due camere, il processo avviene all'interno di due volumi separati. La fase mesofila (iniziale) e la prima termofila avviene in una camera. Il materiale è poi trasferito in una seconda camera per la seconda fase termofila, per poi essere estratto e messo a maturazione nelle vasche per lombricoltura.

Il layout per l'installazione della compostiera collettiva comprende, oltre alla macchina principale:

- Un tritatore per il pretrattamento dello strutturante da ridurre ad opportuna pezzatura;
- Un sistema di caricamento e miscelazione dello strutturante con il rifiuto umido;
- Un sistema di caricamento del materiale all'interno della compostiera;
- Un sistema per la pesatura e la registrazione dei flussi dei materiali in ingresso;
- Un sistema di stoccaggio temporaneo del compost;
- Impianti di servizio (elettrico, idrico, di smaltimento delle acque reflue e delle acque meteoriche, ecc).

L'ultima fase di maturazione del compost avviene in vasche adibite a lombricoltura.

I muretti di delimitazione laterale delle vasche sono realizzati in mattoni forati in cemento. Sul fondo delle vasche si trova un telo in materiale plastico per l'impermeabilizzazione, al fine di evitare la fuoriuscita di percolato proveniente dagli strati soprastanti. Al di sopra dello strato impermeabilizzante si trova un massetto di ghiaia rullata con opportuno spessore per conferire la giusta pendenza del fondo per favorire la raccolta e il deflusso di acqua e umidità dagli strati di humus soprastanti.

Lungo l'asse longitudinale delle vasche sono posizionati dei blocchetti in cemento sui quali poggiano dei travetti in cemento armato precompresso che fanno da supporto alla canalizzazione di raccolta del percolato. L'altezza dei blocchetti è tale da garantire una pendenza della canalizzazione minima del 1%.

Per evitare che lo strato di humus ostruisca la canalizzazione di raccolta, viene posizionata una rete metallica a maglia fitta che permette il passaggio del liquido ma non del terriccio soprastante, lungo tutta l'estensione della canalizzazione.

Al di sopra del letto in ghiaia rullata viene posizionato un secondo telo di materiale plastico per la raccolta e il convogliamento del percolato nella canalizzazione centrale di raccolta. A questo punto può essere versato il compost per l'ultima fase di maturazione.

RISORSE UTILIZZATE

La compostiera collettiva, per il suo funzionamento, richiede solo il collegamento alla rete elettrica, mentre nessun consumo di acqua è previsto. L'energia elettrica è necessaria ai motori che mettono in movimentazione le coclee interne per il rivoltamento del materiale, al sistema di controllo, al sistema di aspirazione e al sistema di triturazione del rifiuto.

La lombricoltura non richiede specifiche risorse se non la movimentazione del compost in ingresso e in uscita dalle vasche una volta maturato.

Il compost prodotto a Melpignano, date le matrici di partenza, è classificato in base alla legislazione italiana come ammendante compostato misto (ACM). Le caratteristiche di tale materiale sono normate dal D. Lgs. 29 aprile 2010, n. 75 e s.m.i., in cui si prevedono dei limiti minimi per i parametri attinenti alle proprietà fertilizzanti e dei limiti massimi per la presenza di inquinanti, inerti o organismi patogeni.

La valutazione dei processi di compostaggio dell'Impianto di Melpignano è stata effettuata monitorando due diversi cumuli a due differenti tempi di prelievo - 30 giorni e 100 giorni dall'avvio del processo (fine processo) - relativamente ad alcuni principali parametri per cui sono previsti dei limiti di legge e ad altri parametri di interesse agronomico.

Nelle tabelle 1 e 2 sono riportati i risultati delle analisi effettuate sui due cumuli (indicati con le sigle C1 e C2) e i limiti previsti dalla normativa italiana, validi esclusivamente per il prodotto finale.

Tabella 1. Risultati delle analisi del Cumulo C1.

		30 giorni	Finale	Limiti di legge
pH (3:50 in H ₂ O)		8.2	8.4	da 6 a 8.8
EC (1:10)	dS/m	3.2	3.0	
Carbonio organico	%	28.5	28.2	≥ 20
Azoto totale	g/kg	7.1	9.8	
Azoto organico	g/kg	6.7	9.4	
Azoto inorganico	g/kg	0.4	0.4	
Azoto organico/totale	%	94.4	96.1	≥ 80
C/N		40.1	24.7	≤ 25
Piombo totale	mg/kg	17.2	18.8	140

Cadmio totale	mg/kg	0.6	0.5	1.5
Nichel totale	mg/kg	20.0	20.8	100
Zinco totale	mg/kg	130.8	138.4	500
Rame totale	mg/kg	55.3	57.7	150
Mercurio totale	mg/kg	< 1	< 1	1.5
Cromo (VI) totale	mg/kg	< 0.5	< 0.5	0.5
Cromo totale	mg/kg	39.1	40.6	
Indice di germinazione (dil. 30%)		42.9	60.2	≥ 60
Potassio totale	g/kg	25.8	24.6	
Fosforo totale	g/kg	7.8	8.5	
Magnesio totale	g/kg	8.1	8.7	
Ferro totale	g/kg	4.5	6.1	

Tabella 1. Risultati delle analisi del Cumulo C2

		30 giorni	Finale	Limiti di legge
pH (3:50 in H ₂ O)		8.5	8.6	Da 6 a 8.8
EC (1:10)	dS/m	7.6	7.1	
Carbonio organico	%	27.2	27.8	≥ 20
Azoto totale	g/kg	8.5	8.7	
Azoto organico	g/kg	7.9	8.0	
Azoto inorganico	g/kg	0.6	0.7	
Azoto organico/totale	%	92.4	92.0	≥ 80
C/N		34.4	24.8	≤ 25
Piombo totale	mg/kg	14.5	16.2	140
Cadmio totale	mg/kg	0.4	0.5	1.5
Nichel totale	mg/kg	16.2	16.7	100
Zinco totale	mg/kg	126.6	154.6	500
Rame totale	mg/kg	53.0	70.5	150
Mercurio totale	mg/kg	< 1	< 1	1.5
Cromo (VI) totale	mg/kg	< 0.5	< 0.5	0.5
Cromo totale	mg/kg	31.8	33.9	

Indice di germinazione (dil. 30%)		38.2	60.5	≥ 60
Potassio totale	g/kg	10.5	11.3	
Fosforo totale	g/kg	7.3	7.9	
Magnesio totale	g/kg	8.1	8.7	
Ferro totale	g/kg	4.5	6.1	

Sulla base dei risultati delle analisi è possibile rilevare quanto segue:

1. i valori finali del carbonio organico, nei due cumuli, sono buoni ed abbondantemente al di sopra del limite minimo previsto dalla normativa. In entrambi i cumuli, però, i valori, sostanzialmente, non cambiano in maniera significativa tra 30 giorni e fine ciclo, evidenziando pertanto una scarsa efficienza della fase finale di maturazione. Ciò può essere stato causato da errate condizioni di processo (bassa umidità, mancata areazione del cumulo);
2. I parametri rispettano i limiti normativi.

Attrezzature per il monitoraggio di processo.

Il compostaggio è un processo di ossidazione biologica (cioè messo in atto da microorganismi di vario tipo) che trasforma in condizioni aerobiche (presenza di ossigeno) matrici organiche (da biomasse di natura diversa) in un prodotto organico stabilizzato e parzialmente umificato, utilizzabile come ammendante in agricoltura. La qualità del prodotto finale, il compost, dipende sia dalle matrici di partenza sia da fattori operativi in cui avviene il processo. Per quanto sopra detto, i fattori da controllare sui cumuli in lavorazione sono: a) l'umidità del cumulo, per garantire la sufficiente quantità di acqua indispensabile per la vita e l'attività biologica dei microorganismi; b) la temperatura, che deve raggiungere valori sufficienti ad igienizzare il prodotto, ma non superare valori tali da pastorizzare le biomasse in compostaggio ed inattivare i microorganismi; e c) l'ossigeno, la cui concentrazione deve garantire condizioni di aerobiosi all'interno delle masse.

Pertanto, si consiglia l'impianto di dotarsi di alcune attrezzature e strumentazioni di misura per monitorare questi fattori in impianto ed intervenire, quando necessario, con le normali pratiche di gestione dei cumuli (bagnatura, aereazione) per assicurare le condizioni ottimali per lo svolgimento dei processi di compostaggio effettuati.

Temperatura ed areazione.

Per il controllo del parametro temperatura è sufficiente dotare l'impianto di termometri dotati di sonda lunga (almeno 70 cm), analogici o digitali, della tipologia illustrata nelle figure 1 e 2.

Fig. 1. Termometro digitale a sonda



Fig. 1- Termometro analogico a sonda



Il monitoraggio della temperatura permetterà:

- nella fase di latenza di controllare il progressivo aumento della temperatura, per accertarsi l'avvenuto inizio del processo;
- nella fase termofila sia di verificare il raggiungimento di 55-60 °C per l'igienizzazione del prodotto, sia di intervenire con rivoltamenti/aerazione/bagnatura dei cumuli quando la temperatura superi i 60°C, evitando l'inattivazione dei microorganismi e il conseguente blocco del processo.
- nella fase di maturazione di verificare che la temperatura progressivamente scenda, ad attestazione della fine della fase termofila, e che in seguito si mantenga a valori superiori a quelli ambiente a testimonianza dell'azione dei microrganismi mesofili responsabili della fase di affinamento/maturazione.

La rilevazione della temperatura dovrà essere giornaliera in modo da poter intervenire tempestivamente in caso di valori non ottimali per il processo. Il monitoraggio della temperatura permetterà anche di stabilire la frequenza e l'entità degli interventi di aereazione, in corrispondenza o di eccessivi valori o di bassi valori rispetto a quelli ottimali richiesti dalle diverse fasi di processo.

Umidità delle biomasse.

Per il monitoraggio dell'umidità delle masse in compostaggio è opportuno rilevare il valore dell'umidità rispetto al peso. Pertanto, i misuratori portatili con sonde per l'umidità sono di relativa utilità in quanto misurano il valore dell'umidità relativa. Per la misura corretta dell'umidità è necessario, anche in impianto, effettuare la determinazione per via gravimetrica. Mediante la perdita in peso a 105 °C sarà possibile determinare la percentuale di acqua presente nel campione umido.

Il valore dell'umidità dovrà mantenersi tra il 55 e il 65%. A valori inferiori al 55% si ha una progressiva inibizione dell'attività microbica, mentre a valori superiori al 65% l'acqua inizia ad espellere l'aria dagli spazi della massa, limitando la diffusione dell'ossigeno fino ad arrivare a creare condizioni di anaerobiosi.

L'attrezzatura minima necessaria in impianto per il monitoraggio dell'umidità è costituita da:

- Stufa a ventilazione forzata, operante almeno fino a 120°C, con precisione di ± 1 °C e volume interno di almeno 240 litri (fig. 3).
- Bilancia elettronica, autocalibrante, con portata di almeno 1,8 kg, precisione 0.1 g (fig. 4).
- Essiccatore in vetro, con coperchio a rubinetto, con diametro interno di almeno 300 mm (fig. 5).
- Materiale di consumo (contenitori per pesate, gel di silice).

Fig. 3. Stufa



Fig 4. Bilancia elettronica



Fig. 5 Essiccatore con valvola



Teodoro Miano
Ordinario di Chimica Agraria